



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0922706-7 B1**



**(22) Data do Depósito: 02/12/2009**

**(45) Data de Concessão: 07/07/2020**

---

**(54) Título:** MÉTODO PARA GERAR UMA CAMADA DE BOLHAS EM UM CASCO DE UMA EMBARCAÇÃO, E, EMBARCAÇÃO DE DESLOCAMENTO

**(51) Int.Cl.:** B63B 1/38.

**(30) Prioridade Unionista:** 02/12/2008 EP 08170457.9.

**(73) Titular(es):** DK GROUP (ACS) B.V..

**(72) Inventor(es):** JORN PAUL WINKLER.

**(86) Pedido PCT:** PCT NL2009050734 de 02/12/2009

**(87) Publicação PCT:** WO 2010/064911 de 10/06/2010

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 02/06/2011

**(57) Resumo:** MÉTODO PARA GERAR UMA CAMADA DE BOLHAS EM UM CASCO DE UMA EMBARCAÇÃO, E, EMBARCAÇÃO DE DESLOCAMENTO A invenção diz respeito a um método de gerar uma camada de bolhas em um casco de uma embarcação compreendendo as etapas de: prover uma cavidade no fundo da embarcação, com um comprimento de pelo menos 1 m e não mais que 30 % do comprimento da embarcação L ao longo do fundo, preferivelmente não mais que 25 %, mais preferivelmente não mais que 10 % do comprimento da embarcação L, e com uma superfície superior espaçada pelo menos 50 cm do plano inferior, preferivelmente pelo menos 1 m do plano inferior; prover ar na cavidade por meio de um dispositivo compressor a uma pressão maior que a pressão atmosférica para esvaziar pelo menos parcialmente a água da cavidade; prover uma interface água-ar na cavidade para formar uma região de mistura; gerar uma pluralidade de bolhas de ar na região de mistura; e prover uma saída de bolhas na traseira da cavidade, ou próximo a ela, para permitir que as bolhas escoem para fora ao longo do casco em direção à traseira da embarcação.

“MÉTODO PARA GERAR UMA CAMADA DE BOLHAS EM UM CASCO DE UMA EMBARCAÇÃO, E, EMBARCAÇÃO DE DESLOCAMENTO”

#### CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] A invenção diz respeito a um método de geração de uma camada de bolhas ao longo do casco de uma embarcação para reduzir seu arraste friccional na água. A invenção também diz respeito a uma embarcação com um dispositivo de geração de bolhas para gerar uma pluralidade de bolhas na superfície do casco.

#### FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[0002] Um método e embarcação como estes são conhecidos pela patente U.S. 6.789.491 que descreve como uma camada de microbolhas é gerada por meio de um sistema de tubo de indução de ar alado (WAIP). Uma camada de microbolhas com um diâmetro, que pode ser pequeno de até 10 micrometros, é gerada pelo arrasto de ar atmosférico para uma região de baixa pressão em uma cavidade próxima do fundo da embarcação. A região de baixa pressão direciona o fluxo de ar do ar atmosférico, por meio de um tubo sobre uma asa que é anexada na cavidade próxima do fundo do casco. O movimento à frente da embarcação gera uma força de sucção sobre a asa e arrasta o ar atmosférico sobre a superfície superior da asa. Na interface água-ar sobre a asa, a água que escoar rapidamente em direção à popa causa uma assim denominada Instabilidade de Kelvin Helmholtz que resulta em uma mistura de ar e água e em uma geração subsequente de microbolhas. O tamanho dessas microbolhas não muda, diferente de bolhas geradas por ar comprimido, e, uma vez injetadas na água, elas formam uma camada que cobre uma grande área superficial do casco que vai da proa até a popa. Desta maneira, podem ser obtidas economias de energia na propulsão de até 15 %.

[0003] É de conhecimento montar múltiplos bicos de geração de bolhas de ar no caso, nos quais ar é suprido por meio de um compressor.

Esses bicos têm uma geometria tipo dividida e agem como geradores de microbolhas. A desvantagem de compressão de ar ativa é um aumento no consumo de energia, comparado com a geração de baixa pressão usando um sistema de tubo de indução de ar alado (WAIP).

[0004] É um objetivo da presente invenção prover um método para gerar bolhas no casco de uma embarcação, e uma embarcação com um gerador de bolha provendo uma maior redução no arrasto.

[0005] É um outro objetivo da invenção prover um método para gerar microbolhas e reduzir o arrasto friccional em embarcações de carga oceânicas de deslocamento relativamente grande, mantendo ainda o espaço de carga disponível ao máximo possível.

[0006] É um objetivo adicional da invenção prover um método para gerar bolhas no casco da embarcação, e uma embarcação com um gerador de bolhas, que pode ser adaptado a estados de mar prevalecentes.

[0007] É novamente um outro objetivo da invenção prover um método para gerar bolhas no casco da embarcação, e uma embarcação com um gerador de bolhas, que tem uma maior eficiência.

#### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0008] Para atender esses objetivos, a presente invenção provê um método de geração de uma camada de bolhas em um casco de uma embarcação, compreendendo as etapas de:

- prover uma cavidade no fundo da embarcação, com um comprimento de pelo menos 1 metro e não mais que 30 % do comprimento da embarcação L ao longo do fundo, preferivelmente não mais que 25 %, mais preferivelmente não mais que 10 % do comprimento da embarcação L, e com uma superfície superior espaçada pelo menos 50 cm do plano do fundo, preferivelmente pelo menos 1 metro do plano do fundo;

- prover ar na cavidade por meio de um dispositivo compressor a uma pressão maior que a pressão atmosférica para esvaziar pelo menos

parcialmente a água da cavidade;

prover uma interface de água-ar ondulado na cavidade para formar uma região de mistura;

- gerar uma pluralidade de bolhas de ar na região de mistura; e

- prover uma saída de bolhas na traseira da cavidade, ou próxima a ela, para permitir que as bolhas escoem para fora ao longo do casco em direção à traseira da embarcação.

[0009] A cavidade próxima do fundo é esvaziada pelo menos parcialmente pelo ar pressurizado injetado na cavidade. Tais cavidades de ar foram desenvolvidas pelo requerente e são descritas, por exemplo, em EP 1501719 e WO 2007/136269 para prover uma maior eficiência na propulsão para embarcações de carga em condições de travessia oceânica. Os inventores perceberam que as cavidades de ar desenvolvidas para redução da superfície do casco molhada funcionam de uma maneira surpreendente e inesperada como um gerador para bolhas de tamanho relativamente pequeno e microbolhas.

[00010] Ficou claro que, mediante injeção de ar a uma pressão correspondente ao arrasto da cavidade (cerca de 1 bar por 10 m de nível de arrasto), uma interface água-ar turbulenta é formada, funcionando como uma região de mistura na qual a água é saturada com ar. Mediante aprisionamento da mistura água-ar da cavidade na traseira, a mistura água-ar é ejetada por uma região de saída situada próxima do lado traseiro inferior da cavidade. Pareceu que, do ponto de saída, as bolhas espalham-se em uma grande área superficial do casco, tal como entre 20 % e 40 % da superfície do casco molhada e permanecem com tamanho substancialmente constante entre 0,1 µm e 100 µm. Desta maneira, uma redução no arrasto friccional pode ser conseguida de uma maneira relativamente simples e barata.

[00011] A cavidade para geração das bolhas de acordo com a invenção tem maiores dimensões do que cavidades pequenas que são reveladas na

patente U.S. 6.789.491, mas de tamanho menor que as cavidades usadas nas embarcações com cavidade de ar de acordo com EP 1501719 e WO 2007/136269. Conseqüentemente, o espaço de carga disponível nas embarcações de acordo com a presente invenção é aumentado.

[00012] O desenho simples do gerador de bolhas de acordo com a invenção permite uma fácil modernização em embarcações existentes provendo-se uma cavidade de dimensões relativamente pequenas no fundo do casco.

[00013] Usando uma cavidade de ar de acordo com a presente invenção, a cavidade de ar é cheia com ar, reduzindo a área molhada do casco para um menor arrasto friccional, gerando ao mesmo tempo pequenas bolhas de um tamanho entre 10  $\mu\text{m}$  e 1 mm.

[00014] As pequenas bolhas saem da cavidade por meio da saída de bolhas próxima à traseira e são distribuídas sobre uma grande área superficial do casco de maneira a reduzir ainda mais o arrasto friccional. Por meio disto, podem ser conseguidas economias para propulsão de até 15 %.

[00015] De acordo com a presente invenção, é possível usar o ar pressurizado que é introduzido na cavidade de ar para expulsão da água da cavidade como o suprimento de ar para geração das microbolhas. Em uma modalidade preferida, este ar é introduzido na extremidade à frente da cavidade. Alternativamente, além do suprimento de ar pressurizado para expulsão da água da cavidade, dispositivos de geração de bolhas separados podem ser empregados na cavidade com um suprimento de ar separado conectado nesses dispositivos. Os dispositivos de geração de bolhas podem compreender tubos ou bicos de ar, dispositivos em forma de asa (WAIP), chapas perfuradas ou qualquer outro dispositivo de geração de bolhas.

[00016] O dispositivo compressor da presente invenção pode ser conectado a uma unidade de controle para prover seletivamente ar na cavidade a uma maior pressão do que a pressão de ar dentro da cavidade para

manter um nível de água predeterminado dentro da cavidade. Sensores são providos na cavidade para monitorar o nível de água e prover sinais de entrada à unidade de controle. Quando ondas expõem ar da cavidade, o dispositivo compressor é ativado para aumentar o fluxo de ar para a cavidade para expelir a água e manter um ambiente seco suficiente. Um segundo dispositivo de suprimento de ar estende-se até a cavidade para suprir ar na cavidade ao dispositivo de geração de bolhas a uma taxa substancialmente contínua de maneira tal que uma corrente constante de bolhas seja gerada para cobrir o casco.

[00017] Preferivelmente, as condições de geração de bolha de acordo com a invenção são tais que as bolhas que são formadas na zona de mistura da cavidade têm um tamanho entre 10  $\mu\text{m}$  e 1 mm. Preferivelmente, a pressão no ar introduzido na cavidade é controlada para ser pelo menos ligeiramente mais alta ou aproximadamente tão alta quanto a pressão de ar dentro da cavidade. Em uma modalidade, a velocidade da água dentro da cavidade é entre aproximadamente igual à velocidade à frente da embarcação. A velocidade de entrada do ar na extremidade à frente da cavidade é muito baixa, preferivelmente próxima a 0 metro por segundo.

[00018] A cavidade pode ter uma saída de bolhas que é formada na extremidade traseira de uma superfície de topo inclinada da cavidade que inclina-se para baixo a partir da altura da superfície superior em direção ao plano inferior em uma direção para trás vista ao longo do plano inferior. Desta maneira, as bolhas são forçadas em um espaço cuneiforme na traseira da cavidade, onde elas podem sair perto do nível do fundo do casco com uma velocidade para trás relativamente alta (relativa) tal como para cobrir as partes do casco à jusante da cavidade.

[00019] Em uma modalidade adicional, um dispositivo de geração de bolhas situa-se em uma região de partição entre duas cavidades que situam-se lado a lado, um suprimento de ar sendo conectado no dispositivo de geração

de bolhas para prover ar no dispositivo de geração para produzir uma pluralidade de pequenas bolhas. Quando as bolhas que cobrem o casco começam deslocar lateralmente a fim de aumentar a superfície de água, elas migram ao longo do casco para entrar de volta nas cavidades de ar para repor qualquer perda de ar dessas cavidades de ar. Desta maneira, uma recuperação das bolhas de ar pode ser obtida, resultando em uma maior eficiência do sistema de lubrificação de bolhas de ar (sistema de Lubrificação de Ar Reciclado).

[00020] Em uma modalidade adicional de um sistema de geração de bolhas da presente invenção, pelo menos dois dispositivos de geração de bolhas situam-se na cavidade, espaçados a uma distância mútua na direção do comprimento da embarcação. Desta maneira, bolhas pequenas são geradas na inclinação interna da cavidade para lubrificação interna extra da cavidade e, mediante saída da cavidade, para lubrificação da superfície do casco externa. Em condições de tempo brandas, o dispositivo de geração de bolhas que é mais próximo do fundo do casco é operativo, embora, durante estados de mar mais altos, o dispositivo de geração de bolhas mais perto do topo da cavidade seja ativo, enquanto o dispositivo de geração de bolhas mais perto do fundo do casco é inoperante e pode ser fechado por uma válvula individualmente operável.

#### DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

[00021] Algumas modalidades de uma embarcação compreendendo um sistema de geração de bolhas de acordo com a presente invenção serão descritas a título de exemplo com detalhes com referência aos desenhos anexos.

[00022] Nos desenhos:

A figura 1 mostra uma vista lateral esquemática de uma embarcação compreendendo um dispositivo de geração de bolhas de acordo com a presente invenção;

A figura 2 mostra uma vista lateral esquemática de uma embarcação com cavidade de ar com múltiplos dispositivos de geração de bolhas situados em uma superfície superior inclinada da cavidade de ar;

A figura 3 mostra uma vista de base de uma embarcação com cavidade de ar com duas cavidades de ar paralelas e dispositivos de geração de bolhas situados entre as cavidades de ar;

A figura 4 mostra uma vista seccional transversal esquemática da embarcação com cavidade de ar da figura 3 mostrando dois dutos de suprimento de ar;

A figura 5 mostra um detalhe ampliado de uma cavidade de ar compreendendo três dispositivos de geração de bolhas arranjados em uma superfície superior da cavidade inclinada;

A figura 6 mostra uma vista lateral de um gerador de bolhas alado;

A figura 7 mostra uma vista seccional transversal de base do gerador de bolhas da figura 6; e

A figura 8 é uma vista lateral esquemática de um gerador de bolhas em forma de asa ajustável.

### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[00023] A figura 1 mostra uma embarcação 1 com um casco 2 e uma superfície inferior 3. A embarcação 1 tem um comprimento  $L_h$ , por exemplo, entre 50 m e 300 m, medido ao longo da superfície do fundo 3. A embarcação tem uma altura  $H$  medida do nível da quilha até o nível do convés, por exemplo, entre 10 m e 40 m. Perto da proa 5 da embarcação, é formada uma cavidade 6 estendendo-se para cima a partir da superfície inferior 3. A cavidade 6 tem um comprimento  $L_c$  que é relativamente pequeno, comparado com o comprimento da embarcação  $L$  e que pode ficar, por exemplo, entre 5 m e 30 m. A cavidade tem uma altura  $H$ , medida da superfície inferior 3 até uma superfície superior 4, que pode ser entre 50 cm e, por exemplo, 5 m.

[00024] Perto de uma extremidade dianteira 9 da cavidade 6, é provida uma entrada de ar 10, conectada a um duto de suprimento de ar 11. Um compressor 12 capta ar atmosférico através de um duto 13 e supre ar comprimido à cavidade 6 a fim de expelir água da cavidade. O ar é controlado para ficar a uma sobrepressão na pressão prevalecente dentro da cavidade 6, cuja pressão depende do arrasto da embarcação 1.

[00025] Observou-se que uma superfície ar-água ondulada é formada dentro da cavidade 6 que define uma zona de mistura na qual água é saturada com ar. A água em movimento através da interface água-ar na cavidade 6 resulta em uma instabilidade Kelvin-Helmholtz e forma pequenas bolhas 14. Essas bolhas têm um diâmetro entre 10  $\mu\text{m}$  e 1 mm e escapam por meio de uma região de saída de bolhas 15 próxima da parte traseira da cavidade 6. Na parte traseira, a cavidade tem uma superfície superior inclinada para baixo 16, formando um espaço cuneiforme próximo da traseira 17 da cavidade. A partir desta região de saída 5, as bolhas espalham-se em direção à popa 18 do casco 2, para cobrir uma maior parte da superfície do fundo 3.

[00026] Na modalidade da figura 2, três dispositivos de geração de bolhas 20, 21 e 22 são providos na superfície superior inclinada 16. Um segundo duto de suprimento de ar 25 conecta um segundo compressor 26 em cada dispositivo de geração para suprir ar a uma taxa substancialmente constante. O dispositivo de geração de bolhas 20-22 pode compreender um tubo, uma chapa perfurada, um elemento em forma de asa ou qualquer outro dispositivo de geração de bolhas adequado do tipo tal como descrito no pedido de patente US 2001/0022152, US 2003/0097971 ou patente U.S. 6.789.491.

[00027] O compressor 12 e/ou a válvula 35 são controlados por uma unidade de controle 28 para suprir ar à cavidade 6, dependendo do nível de água dentro da cavidade que é monitorado por meio de um sensor de nível, cuja saída é transferida para a unidade de controle 28. Cada dispositivo de

geração de bolhas 20, 21 e 22 é conectado no segundo duto de suprimento de ar 25 por meio de uma respectiva válvula 30, 31 e 32 que é controlada pela unidade de controle 28. Quando as condições de mar forem tempestuosas, o nível de água dentro da cavidade 6 será relativamente alto, de maneira tal que os dispositivos de geração de bolhas 20, 21 e 22 possam todos estar ativos, as válvulas 30, 31 e 32 sendo abertas. Em estados de mar mais brandos, o nível de água na cavidade será menor e a válvula 32 será fechada de maneira a desativar o dispositivo de geração de bolhas 22. Quando o mar estiver calmo, o nível de água na cavidade 6 será baixo e somente o gerador de bolhas 20 será ativo, a válvula 30 sendo aberta e as válvulas 31, 32 sendo fechadas. As bolhas de ar que cobrem a superfície interna da cavidade causam uma redução substancial no arrasto friccional da cavidade de ar.

[00028] A figura 3 mostra uma vista de base de uma embarcação 1 com o casco com duas cavidades de ar paralelas 40, 40'. Dispositivos de geração de bolhas 41, 42, 45 e 46 geram bolhas que cobre as partes laterais da superfície do fundo 3. Os dispositivos de geração de bolhas 43, 44 situam-se em uma parte central 46' entre as cavidades de ar 40, 40'. As bolhas que deslocam para cima a partir das partes laterais da superfície do fundo 3 e da parte central 46' são recuperadas pelo menos parcialmente nas cavidades 40, 40' e repõem o volume de ar nessas cavidades.

[00029] A figura 4 mostra uma vista seccional transversal esquemática das cavidades de ar da figura 4, em que, na região central 46', as bolhas de ar são aprisionadas entre duas paredes 47, 48 que são providas na região central. O compressor 26 provê um fluxo constante de ar ao dispositivo de geração de bolhas 43. As cavidades 40, 40' são cada qual conectadas no compressor 12, que mantém o nível de água dentro das cavidades substancialmente constante sob controle da unidade 28.

[00030] Na modalidade da figura 5, os dispositivos de geração de bolhas 50, 51 e 52 são formados por divisores de ar cuneiformes na superfície

superior inclinada 16 da cavidade 6. A região de saída 15 é formada pela região na qual a superfície superior inclinada 16 situa-se próxima do fundo 3.

[00031] A figura 6 mostra um dispositivo de geração de bolhas em forma de asa 60 situado dentro de uma cavidade 61 no casco 63. O dispositivo de geração de bolhas 60 define uma câmara de mistura 66 e compreende um duto de ar 64 e um compressor 65 para injetar ar no espaço em forma de asa oco. Água entra na câmara de mistura 66 por meio de aberturas 67 na superfície dianteira do dispositivo 60. Bolhas geradas na câmara de mistura saem através de uma abertura 68 e deslocam para trás (para o lado esquerdo no desenho) para cobrir a superfície inferior do casco. Uma região de baixa pressão é formada sobre o elemento alado com uma ligeira subpressão  $\Delta p$ .

[00032] Na figura 7, as paredes de particionamento 70, 71 do dispositivo de geração de bolhas pode ser visto direcionando o fluxo de ar do compressor 65 para as regiões de mistura individuais 66, 66", 66" que comunicam com os respectivos bicos de entrada de água 67, 67', 67". Como pode-se ver pela figura 8, o ângulo de inclinação  $\alpha$  pode ser variado por um elemento de acionamento rotacional 75 que pode pivotar o gerador de bolhas em forma de asa 60 nos seus montantes de suporte verticais 76, dependendo do arrasto e/ou condições de onda.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para gerar uma camada de bolhas (14) em um casco (2) de uma embarcação de deslocamento, compreendendo as etapas de:

5 - prover uma cavidade (6) na superfície do fundo (3) da embarcação (1), com um comprimento de pelo menos 1 m e não mais que 30 % do comprimento da embarcação L ao longo do fundo, preferivelmente não mais que 25 %, mais preferivelmente não mais que 10 % do comprimento da embarcação L, e com uma superfície superior espaçada pelo menos 50 cm da superfície do fundo (3), preferivelmente pelo menos 1 m da superfície do  
10 fundo (3),

- prover ar na cavidade por meio de um dispositivo compressor (12) a uma pressão maior que a pressão atmosférica para esvaziar pelo menos parcialmente a água da cavidade;

caracterizado por:

15 - prover uma superfície de interface água-ar na cavidade formando uma região de mistura,  
- gerar uma pluralidade de bolhas de ar na região de mistura; e  
- prover uma saída de bolhas (15) no ou próximo ao lado  
traseiro inferior (17) da cavidade (6) para permitir que as bolhas escoem para  
20 fora a partir da região de mistura ao longo da superfície do fundo (3) em direção à traseira da embarcação.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as bolhas têm um tamanho entre 10 micrometros e 1 mm.

25 3. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a saída de bolhas (15) é formada em uma extremidade traseira de uma superfície superior inclinada (16) da cavidade (6) que inclina-se para baixo a partir de uma altura da superfície superior em direção ao plano inferior em uma direção para trás ao longo do plano inferior.

4. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1,

2 ou 3, caracterizado pelo fato de que a pressão do ar introduzido na cavidade é controlada para ser pelo menos aproximadamente tão alta quanto a pressão de ar dentro da cavidade.

5 5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3 ou 4, caracterizado pelo fato de que a velocidade da água dentro da cavidade é tão alta quanto uma velocidade à frente da embarcação.

10 6. Embarcação de deslocamento (1), caracterizada pelo fato de que tem um casco (2), com uma superfície inferior (3) e uma cavidade (6, 40, 40') estendendo-se para cima da superfície inferior (3) até uma superfície superior espaçada pelo menos 50 cm da superfície superior e estendendo-se até a altura de não mais que 10 % da altura  $H_e$  da embarcação, e com um comprimento maior que 1 m e não mais que 30 % do comprimento da embarcação L ao longo do fundo, preferivelmente não mais que 25 %, mais preferivelmente não mais que 10 % do comprimento da embarcação L, um  
15 dispositivo compressor (12) para prover ar na cavidade (16) a uma taxa constante e a uma maior pressão que a pressão de ar na cavidade para esvaziar pelo menos parcialmente a água da cavidade, para formar uma superfície de interface água-ar na cavidade formando uma região de mistura L para gerar uma pluralidade de bolhas de pequeno tamanho na região de mistura, e tendo  
20 uma saída de bolhas (15) no ou próximo ao lado traseiro inferior (17) da cavidade para permitir que as bolhas escoem para fora ao longo da superfície do fundo (3) em direção à traseira da embarcação.

25 7. Embarcação de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que a superfície superior (16) inclina-se para baixo a partir da altura da superfície superior em direção ao plano inferior em uma direção para trás vista ao longo do plano inferior, até uma região de saída de bolhas.

8. Embarcação (1) de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 ou 7, caracterizada pelo fato de que uma unidade de controle (28) sendo conectada no dispositivo compressor (12) para prover

seletivamente ar na cavidade a uma maior pressão do que a pressão de ar na cavidade para manter um nível de água predeterminado dentro da cavidade, um segundo dispositivo de suprimento de ar (20, 21, 22, 25, 26) estendendo-se até a região de mistura da cavidade para suprir ar na região de mistura a  
5 uma taxa contínua.

9. Embarcação (1) de acordo com qualquer uma das reivindicações 6, 7 ou 8, caracterizada pelo fato de ter duas cavidades situadas lado a lado e separadas por uma região de partição (46'), um dispositivo de geração de bolhas (43, 44) sendo situado na região de partição (46'), um  
10 suprimento de ar (26) sendo conectado no dispositivo de geração de bolhas para prover ar no dispositivo de geração (43, 44) para produzir uma pluralidade de pequenas bolhas.

10. Embarcação (1) de acordo com qualquer uma das reivindicações 5, 6, 7 ou 8, caracterizada pelo fato de que pelo menos dois  
15 dispositivos de geração de bolhas (20, 21, 22, 50, 51, 52) situam-se na cavidade, espaçados a uma distância mútua na direção do comprimento da embarcação.

11. Embarcação de acordo com a reivindicação 10, caracterizada pelo fato de que cada dispositivo de geração de bolhas  
20 compreende um suprimento de ar que pode ser fechado individualmente por meio de uma válvula (30, 31, 32).

12. Embarcação de acordo com qualquer uma das reivindicações 6-11, caracterizada pelo fato de que compreende um elemento de geração de bolhas curvo (60) dentro da cavidade (61).

25 13. Embarcação de acordo com a reivindicação 12, caracterizada pelo fato de que o elemento de geração de bolhas curvo (60) é conectado articuladamente no casco, conectado a um elemento de acionamento (75) para variar a posição do elemento.



Fig 4

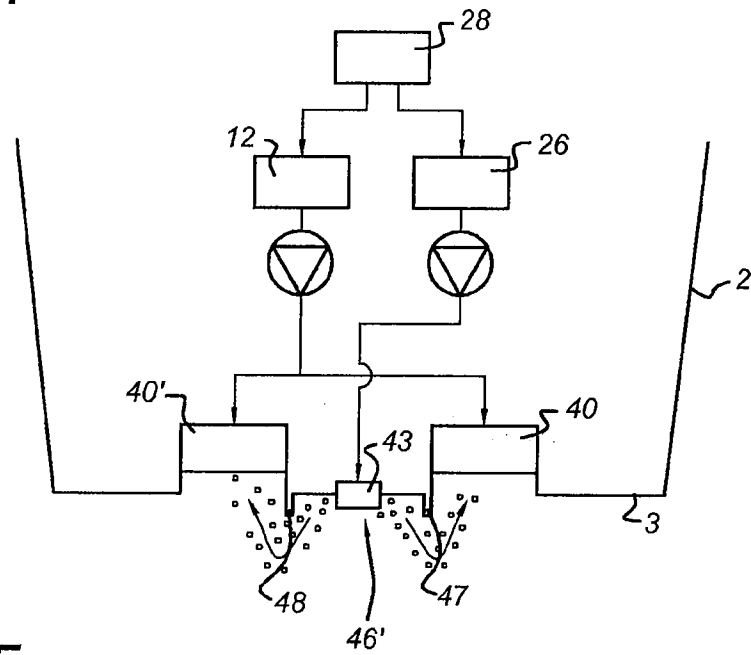


Fig 5

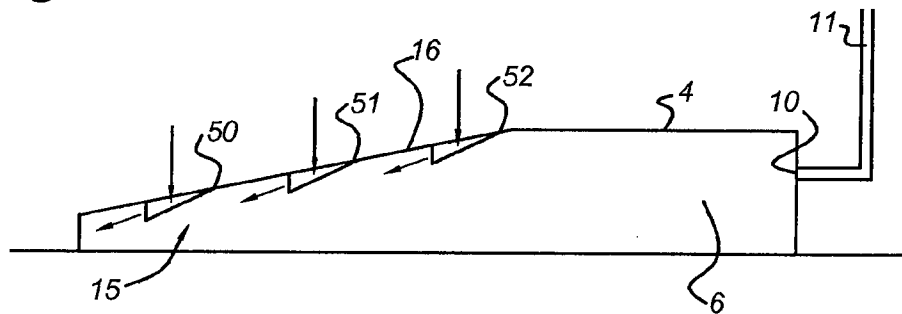


Fig 6

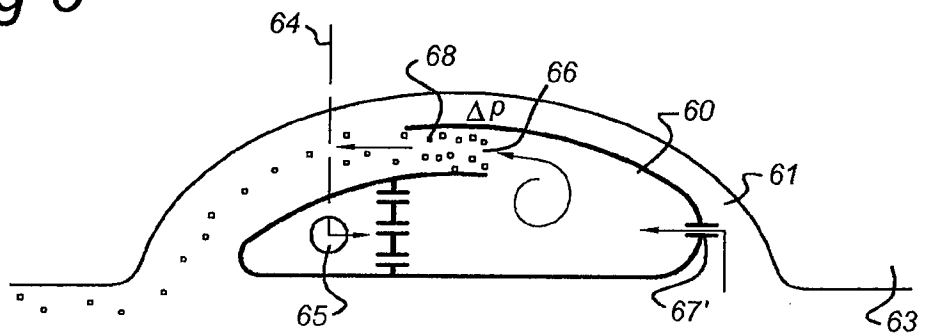


Fig 7

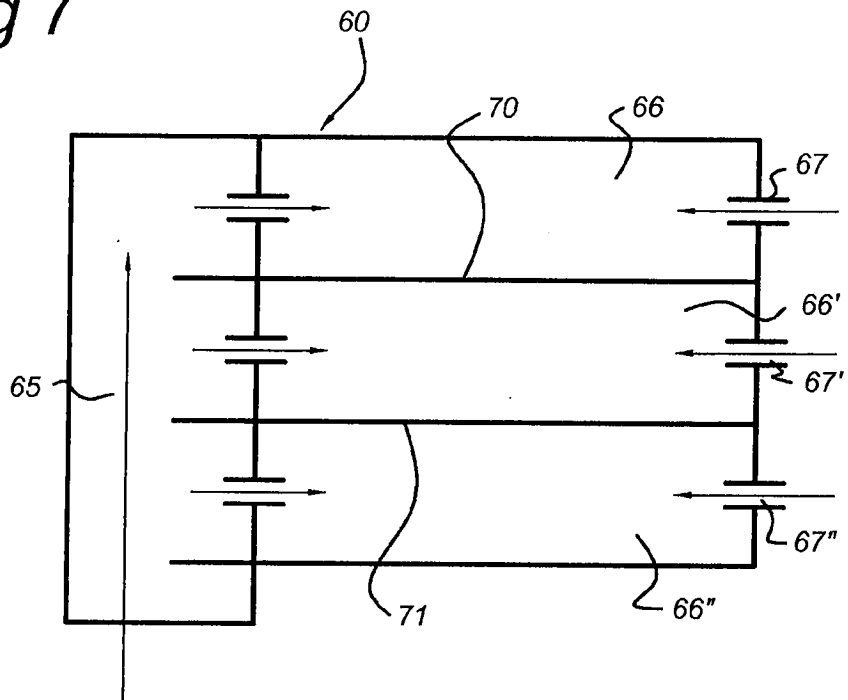


Fig 8

